



FACULTAD DE MEDICINA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

## **GRADO EN MEDICINA**

### **TRABAJO FIN DE GRADO**

**Arteria peronea: estudio anatómico e implicaciones clínicas en el tallado de colgajos locales perforantes para reconstrucción de región maleolar lateral.**

Peroneal artery: anatomical study and clinical implications in local perforating flap design for reconstruction of the lateral malleolar region.

**Autor:** María Alonso Grela.

**Director:** Juan Ramón Sanz Giménez-Rico.

**Codirector:** Rubén Álvarez García.

**Santander, Junio 2019.**

*“A toda mi familia, en especial a mis padres, mi hermana y mi tío abuelo, gracias a quienes soy quien soy y hacia quienes sólo puede expresar mi sincero agradecimiento por apoyarme durante la etapa académica que hoy culmina. A mi pareja, por escucharme cuando he necesitado desahogo. Y al Dr. Sanz Giménez-Rico por haber sido mi guía y mi estímulo durante la redacción de mi TFG”*

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>2</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>18</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>20</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>23</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>33</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>40</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO I: ABREVIATURAS</b>	<b>46</b>

## **RESUMEN**

**Introduction.** The lateral maleolar region presents a vascularization at the expense, primarily, of branches of the peroneal artery. This region may allow the possibility of carving local flaps. On the other hand, surgical complications in this region require an exhaustive anatomical study.

**Purpose.** Study of the main terminal branch of peroneal artery in the lateral malleolar region, the lateral calcaneal artery. Clinical implications.

**Material and methods.** Anatomical study of the lateral malleolar region, emphasizing the study of the lateral calcaneal artery and its relations with constant anatomical references. Statistical analysis of the obtained results.

**Results.** The appearance of the peroneal artery was constant. The lateral calcaneal artery was present in all cases, either as the main artery or in the shape of anastomotic arch with the dorsalis pedis or posterior tibial arteries. Among the different measures carried out, the greater variability stands out in those corresponding to the transition between the peroneal artery and the lateral calcaneal artery, with the therapeutic implications that this entails.

**Conclusion.** The constant presence of the lateral calcaneal artery in the lateral malleolar region presents, however, anatomical variations with therapeutic implications in the carving of incision in that region, which must be posterior and inferior. The full thickness dissection in the dissection of the soft tissues (subperiosteal plane) must be respected.

**Key words:** Peroneal artery; Lateral calcaneal artery; Lateral malleolar approach.

**Introducción.** La región maleolar lateral presenta una vascularización a expensas, primordialmente, de ramas de la arteria peronea. Esta región puede permitir la posibilidad de tallado de colgajos locales. Por otra parte, las complicaciones quirúrgicas en esta región requieren un estudio anatómico exhaustivo.

**Objetivo.** Estudio de la rama principal terminal de la arteria peronea en la región maleolar lateral, la arteria calcánea lateral. Implicaciones clínicas.

**Material y métodos.** Estudio anatómico de la región maleolar lateral, enfatizando el estudio en la arteria calcánea lateral y sus relaciones con referencias anatómicas constantes. Análisis estadístico de los resultados obtenidos.

**Resultados.** La presencia de la arteria peronea fue constante. La arteria calcánea lateral estuvo presente en todos los casos, ya fuese como arteria principal o en forma de arco anastomótico con las arterias dorsalis pedis o tibial posterior. Entre las diferentes medidas realizadas, destaca la mayor variabilidad de las mismas en las

correspondientes a la transición arteria peronea-arteria calcánea lateral, con las implicaciones terapéuticas que conlleva.

Conclusión. La presencia constante de la arteria calcánea lateral en la región maleolar lateral presenta, sin embargo, variaciones anatómicas con implicaciones terapéuticas en el tallado de incisiones en dicha región, que deben ser más posteriores e inferiores. Debe respetarse la disección de espesor total en la disección de los tejidos blandos (plano subperióstico).

Palabras clave: Arteria peronea; Arteria calcánea lateral; Abordaje maleolar lateral.

# INTRODUCCIÓN

La reconstrucción del miembro inferior es uno de los desafíos terapéuticos actuales en cirugía reconstructiva. Aunque son múltiples los esfuerzos realizados a lo largo de las últimas décadas en el conocimiento y avance de las diferentes opciones terapéuticas de cobertura a nivel de los miembros, el conocimiento exhaustivo de la anatomía permanece como uno de los pilares fundamentales a la hora de abordar dichos desafíos reconstructivos.

La región maleolar lateral supone una enrevesada anatomía cuyo estudio ha sido ampliamente descrito en diferentes trabajos publicados <sup>1-5</sup>. Sin embargo, la arteria peronea, sus ramas terminales y, en concreto, la arteria calcánea lateral, han sido objeto de estudios que no clarifican en profundidad algunos aspectos concretos de la anatomía vascular de la región maleolar lateral, irrigada preferentemente por dicha arteria peronea y perforantes locales de la misma.

Para clarificar la vascularización a dicho nivel hemos realizado un estudio anatómico de la arteria peronea y sus ramas terminales, incidiendo en la arteria calcánea lateral, cuyo conocimiento exhaustivo ha sido parcialmente establecido, permaneciendo algunos aspectos en discusión actual. Para ello hemos incidido en el análisis de diferentes mediciones de dicha arteria con respecto a referencias anatómicas constantes, procediendo al análisis estadístico y de los resultados obtenidos, estableciendo referencias anatómicas de interés a la hora de plantear la estrategia terapéutica en la práctica clínica diaria.

Los tratados anatómicos clásicos inciden en la anatomía descriptiva, que no funcional, pero que han supuesto una herramienta de conocimiento fundamental para el desarrollo posterior de la cirugía y, más en concreto, las aplicaciones clínicas en cirugía reconstructiva.

Es imprescindible el conocimiento anatómico de la región a estudio; dentro de los textos clásicos, Testut hace referencia a la anatomía vascular de la pierna con una descripción exhaustiva y didáctica <sup>6</sup>; otros autores han aportado detalles anatomofuncionales adicionales <sup>1-3</sup>.

#### 1.- Arteria poplítea y sus ramas.

La arteria poplítea es continuación de la arteria femoral, se origina en el anillo del tercer adductor y se ramifica a nivel del anillo del músculo sóleo. Se sitúa en la cara posterior o dorsal de la extremidad inferior, en el plano profundo del hueco poplíteo, en una región romboidal formada por arriba por los músculos bíceps y semitendinoso y por abajo por los dos gemelos; en la mitad superior de su trayecto tiene un curso oblicuo hacia abajo, mientras que en la mitad inferior sigue una dirección vertical.

Se relaciona por delante con la parte posterior del fémur, ligamento posterior de la articulación de la rodilla y cara posterior del músculo poplíteo, que la separa de la tibia. Por detrás, la arteria poplítea está recubierta en primer lugar por el músculo

semimembranoso, después por la aponeurosis del hueco poplíteo, seguidamente se encuentra la vena poplíteica (que tiene una posición posterior y externa respecto a la arteria) y por último los dos gemelos y el plantar delgado. Medialmente, se relaciona con el semimembranoso, el cóndilo interno del fémur y el gemelo interno. Lateralmente se relaciona, de arriba a abajo, con el músculo bíceps, el cóndilo externo y el gemelo externo.

A lo largo de su trayecto, la arteria poplíteica se ramifica en 7 arterias: 2 arterias gemelas, 2 articulares anteriores, 1 articular media y 2 articulares posteriores.

- Arterias gemelas (interna y externa): se originan en la parte posterior de la arteria poplíteica, a la altura de la interlínea articular. Discurren hacia abajo separándose progresivamente hasta terminar en su músculo gemelo correspondiente, dando múltiples ramas perforantes.
- Arterias articulares superiores (interna y externa): se originan en la cara anterior de la arteria poplíteica, justo por encima de los cóndilos femorales. La interna rodea el cóndilo interno, atraviesa las inserciones del tercer adductor y se divide, a su vez, en 2 ramas (profunda y superficial). La externa rodea el cóndilo externo pasando por debajo del músculo bíceps y da dos ramas (profunda y superficial).
- Arteria articular media: se origina en la cara anterior de la arteria poplíteica por encima de la línea articular y se dirige, de atrás hacia delante atravesando el ligamento posterior de la articulación de la rodilla, llegando al espacio intercondíleo, donde da ramas para los ligamentos cruzados, la sinovial articular, tejido adiposo de la escotadura intercondilea y extremidad inferior del fémur.
- Arterias articulares inferiores (interna y externa): se originan en la cara anterior de la arteria poplíteica por debajo de la interlínea articular de la rodilla. La interna rodea por delante la tuberosidad de la tibia por debajo del ligamento lateral interno de la articulación de la rodilla, dando múltiples ramas periósticas y óseas. La externa, rodea la tuberosidad externa de la tibia, situándose entre la misma y el ligamento lateral externo de la articulación para dar igualmente múltiples ramas periósticas y óseas.

Una vez que la arteria poplíteica alcanza el anillo sóleo se bifurca en dos ramas terminales: arteria tibial anterior y tronco tibio-peroneo.

## 2.- Arteria tibial anterior (ATA) y sus ramas.

Es la arteria terminal anterior de la arteria poplíteica; se origina en la cara posterior de la rodilla a nivel del anillo sóleo, atraviesa de atrás hacia adelante la parte superior del espacio interóseo (entre la tibia por dentro, el cuello del peroné por fuera, y la membrana interósea un poco por debajo de la arteria). Una vez que alcanza la región anterior de la pierna desciende desde el tubérculo tibial hasta el ligamento anular



anterior del tarso situado en la parte media del espacio intermaleolar, donde pasa a llamarse arteria pedia.

Se relaciona por detrás con la cara anterior del ligamento interóseo en sus tres cuartos superiores y en su cuarto inferior con la cara anterior de la tibia. Por delante, se relaciona con el músculo extensor común de los dedos y el tibial anterior; un poco más abajo, a nivel de los tendones de estos músculos, la arteria tibial anterior tiene un curso más superficial, estando solo cubierta por la aponeurosis y la piel. El tendón del extensor propio del dedo gordo del pie cruza la arteria un poco por encima de la articulación del empeine del pie; por dentro se relaciona con el músculo tibial anterior, por fuera contacta con el extensor común de los dedos y un poco más distal con el extensor propio del dedo gordo. Está acompañada en todo el trayecto por dos venas.

La arteria tibial anterior se bifurca en:

- Arteria recurrente tibial anterior: se origina inmediatamente después del paso de la arteria tibial anterior por el espacio interóseo, con un trayecto oblicuo hacia arriba y hacia dentro entre la tibia y el músculo tibial posterior, para dar varias ramas periósticas y óseas.
- Ramas musculares: múltiples ramas arteriales que vacularizan el músculo tibial posterior.
- Arteria maleolar interna: se origina en la parte interna de la arteria tibial anterior por encima del empeine del pie, se dirige oblicuamente hacia abajo y hacia dentro entre la tibia y el tendón del tibial anterior para terminar a nivel del maléolo interno dando ramas articulares profundas y maleolares superficiales; estas ramas se anastomosan con las arterias peroneas anterior y posterior y con la arteria plantar interna.
- Arteria maleolar externa: se origina a la misma altura que la maleolar interna, se dirige oblicuamente hacia abajo y hacia fuera, entre el peroné y el músculo extensor común de los dedos, dando a nivel del maléolo externo ramas maleolares y articulares que se anastomosan con las arterias peroneas y la arteria dorsal del tarso.

### 3.- Tronco tibioperoneo (TTP) y sus ramas.

El tronco tibio-peroneo es la rama posterior de la arteria poplítea, desciende verticalmente por la parte posterior de la pierna y a unos 3-4 centímetros por debajo del anillo sóleo (donde se origina) se bifurca en dos ramas: arteria peronea (externa) y arteria tibial posterior (interna).

Se relaciona por delante con el músculo tibial posterior, por detrás con la aponeurosis tibial media y los músculos sóleo, plantar delgado y gemelos. A lo largo de su trayecto se ramifica en ramas musculares y en la arteria nutricia de la tibia (rama ósea).

### 3A.- Arteria peronea (AP).

La arteria peronea es la rama terminal externa del tronco tibioperoneo. Se sitúa en la cara posterior de la pierna entre los músculos superficiales y profundos de la misma. Sigue un trayecto oblicuo hacia abajo y hacia fuera, para hacerse vertical y seguir descendiendo hasta la parte inferior del ligamento interóseo, donde da sus ramas terminales.

Se relaciona en su parte superior con el tibial posterior, cubierta por la aponeurosis tibial media y por el sóleo; más abajo, al pasar por debajo del flexor propio del dedo gordo, se sitúa medial respecto al peroné para finalmente posicionarse sobre la parte posterior del ligamento interóseo.

A lo largo de su trayecto suministra múltiples ramas colaterales, como la arteria nutricia del peroné, y ramas musculares. Finalmente se bifurca en sus dos ramas terminales:

- Arteria peronea anterior: atraviesa el ligamento interóseo hasta hacerse anterior, discurre por la parte anterior de la articulación tibiotarsiana para terminar en la parte externa de la región dorsal del pie, anastomosándose con las ramas de la arteria maleolar externa.
- Arteria peronea posterior: continúa el trayecto de la arteria peronea por detrás del maléolo externo dando ramas en la región lateral del talón. Se anastomosa con las arterias peronea anterior, arteria maleolar externa y plantar externa.

### 3B.- Arteria tibial posterior (ATP).

La arteria tibial posterior es rama terminal del tronco tibioperoneo. Sigue inicialmente un trayecto oblicuo hacia abajo y hacia dentro y posteriormente vertical por la cara posterior de la pierna hasta el canal calcáneo interno donde da sus ramas terminales.

Se relaciona por delante con el músculo tibial posterior en su parte superior y con el músculo flexor común de los dedos en su parte inferior. Por detrás, se relaciona con el sóleo y los gemelos. A lo largo de su trayecto proporciona distintas colaterales tibiales (musculares, periósticas y óseas), una rama anastomótica con otra rama análoga de la arteria peronea y ramas calcáneas.

En su terminación, a nivel del canal calcáneo interno, la arteria tibial posterior se bifurca en dos ramas terminales, las arterias plantares.

### 4.- Arteria pedia y sus ramas

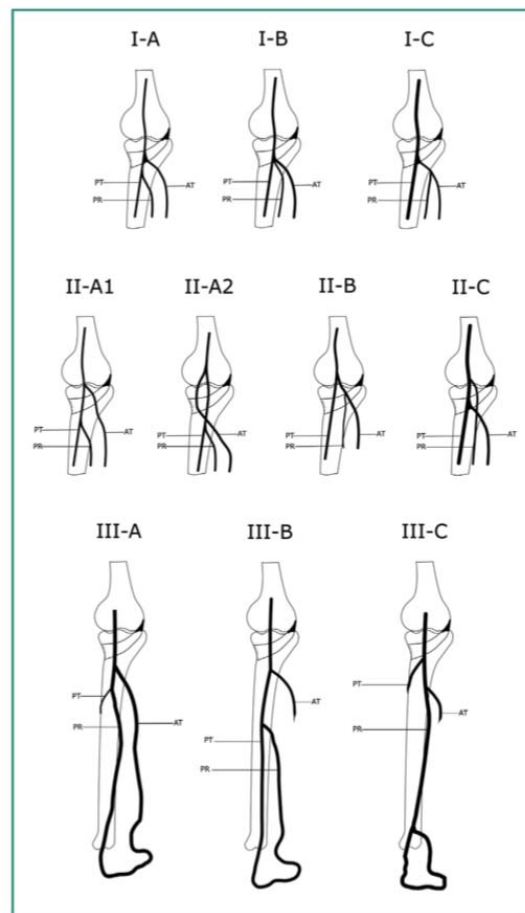
La arteria pedia es la continuación de la arteria tibial anterior tras su paso por el ligamento anular. Tiene un trayecto oblicuo de atrás hacia adelante y de fuera hacia adentro para alcanzar el extremo posterior del primer espacio interóseo, donde perfora de arriba hacia abajo las partes blandas de ese espacio y se anastomosa con la arteria plantar externa.

Se relaciona por detrás con los huesos del tarso y los ligamentos que los unen. Por delante está separada de la piel por la aponeurosis dorsal superficial y aponeurosis del pedio. Por dentro se relaciona con el tendón del extensor propio del dedo gordo y lateralmente con el borde interno del pedio.

La arteria pedia emite dos ramas importantes:

- Arteria dorsal del tarso: se origina por debajo del ligamento anular, discurre bajo el pedio para seguir un trayecto oblicuo hacia abajo y afuera hasta el borde externo del pie, donde se anastomosa con las ramas de la plantar externa.
- Arteria dorsal del metatarsiano: se origina próxima al primer espacio interóseo para dirigirse transversalmente hacia fuera hasta el borde externo del pie, formando un arco cóncavo hacia arriba que se anastomosa con la arteria plantar externa y emite múltiples ramas colaterales por su concavidad (ascienden por el tarso y se anastomosan con la arteria dorsal del tarso) y su convexidad (tres ramas interóseas para el segundo, tercer y cuarto espacios interóseos). Estas arterias interóseas descienden por su espacio interóseo correspondiente y, a nivel de la raíz de los dedos, se subdividen en dos ramas.

A pesar de la aparente claridad de la descripción de los diferentes textos clásicos, la anatomía vascular de la pierna y sus ramas presenta variaciones de la arteria poplítea, que no son raras, por lo que es importante identificar los patrones de ramificación que puede presentar<sup>7</sup>. En condiciones normales, la arteria poplítea es la continuación de la arteria femoral en la fosa poplítea, donde se divide en la arteria tibial anterior y el tronco tibioperoneo, como ya expuesto previamente. A su vez, el tronco tibioperoneo se ramifica en la arteria tibial posterior y la arteria peronea. La ramificación de la arteria poplítea se puede clasificar en diez grupos diferentes, según la clasificación de Kim et al.<sup>8</sup>, como se observa en la Figura 1, tomada del artículo de Demirtas et al<sup>7</sup>.



**Figura 1.** Clasificación de las distintas variantes de la arteria poplítea. Tomado de Demirtas H. et al. *Anatomic variations of popliteal artery: Evaluation with 128-section CT-angiography in 1261 lower limbs. Diagn Interv Imaging.* 2016; 97:635-42.

El patrón I se corresponde con el nivel normal de ramificación de la arteria poplítea que tiene lugar a la altura de la meseta tibial. Este patrón I puede subdividirse a su vez en tres subpatrones:

- IA: la arteria poplítea se ramifica dando como primera rama la ATA seguida del TTP que se subdivide en ATP y AP.
- IB: el origen de la ATA, ATP y AP tiene lugar en un punto común, sin existir TTP.
- IC: la arteria poplítea se ramifica dando como primera rama la AP en lugar de la ATA, seguida del origen de un tronco común que se subdivide en ATA y ATP.

El patrón II hace referencia a aquellas ramificaciones de la arteria poplítea que tienen lugar por encima de la meseta tibial, y se subdivide a su vez en 4 subpatrones:

- IIA1: como el patrón IA, pero la división se produce por encima de la meseta tibial.

- IIA2: el origen de la ATA tiene lugar por encima de la meseta tibial y el origen del tronco tibioperoneo con su ramificación en ATP y AP se localiza en la misma posición que en IA.
- IIB: como el patrón IB, pero por encima de la meseta tibial.
- IIC: la primera ramificación de la arteria poplítea da lugar a la AP por encima de la meseta tibial; el origen de la ATA y ATP se localiza a la altura de la meseta tibial y se originan de un tronco arterial común.

Por último, el patrón III se caracteriza por la hipoplasia o aplasia de alguna de las ramas de la arteria poplítea. Se subdivide en 3 subpatrones:

- IIIA: hipoplasia/aplasia de la ATP. La AP es hiperplásica, sustituyendo a la ATP en el tobillo donde forma un arco arterial con la ATA.
- IIIB: hipoplasia/aplasia de la ATA. Arco arterial formado por la AP y la ATP.
- IIIC: hipoplasia/aplasia de las dos arterias tibiales. Hiperplasia de la AP que da dos ramas que forman un arco arterial a nivel del pie.

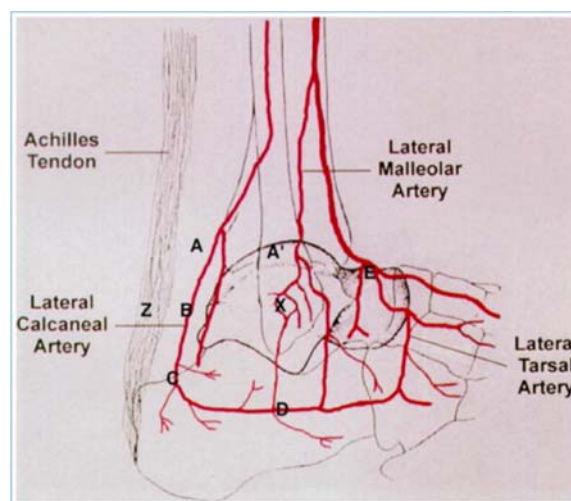
En el estudio realizado por Demirtas et al<sup>7</sup>, el patrón más frecuente es el I (91.9%), dentro del cual el subpatrón más frecuente es el IA (88.7%). El segundo patrón más frecuente es el IIIA (3.5%), seguido del IIA1 (2.2%). En otro estudio realizado por Kropman et al<sup>9</sup> el tipo IA continua siendo el más prevalente (91%) y las siguientes variantes con mayor prevalencia en su caso son las IIA (2.9%), IIIA (2.4%) y IB (2.0%).

Una vez revisada la vascularización de la pierna, sus ramas principales y sus variantes anatómicas, el estudio de la arteria peronea deberá centrar nuestro interés final. La arteria peronea es la responsable de proporcionar sangre al compartimento lateral de la pierna, siendo considerada la arteria más constante en la región más distal de la extremidad inferior y proporcionando la mayor parte del flujo sanguíneo al pie. Desde su origen en la fosa poplítea, desciende por la región posterior de la pierna para emerger entre el flexor largo de los dedos y el flexor largo del dedo gordo del pie, continuando por la parte posterolateral del tobillo<sup>10</sup>.

La anatomía de la región posterolateral del pie consta de dos “triángulos”, uno de ellos situado más profundo que el otro. El “triángulo superficial” está enmarcado en su parte inferior por el borde superior del calcáneo, anteriormente por los tendones peroneos y posteriormente por el tendón del calcáneo; contiene principalmente grasa y la arteria peronea. Por otro lado, el “triángulo profundo” está delimitado por el borde superior del calcáneo en la base del triángulo, los tendones peroneos lateralmente y medialmente el músculo flexor largo del dedo gordo del pie. Se sitúa unido por su parte anteromedial a la porción anterior del “triángulo superficial”, estando separados ambos triángulos por la fascia profunda. El “triángulo profundo” contiene la arteria peronea, la fascia profunda y la anastomosis de la arteria peronea con la arteria tibial posterior. En esta región la arteria peronea discurre hacia abajo por el “triángulo profundo”, después se sitúa posterolateralmente para emerger en el “triángulo superficial” por su borde inferior, cruza el borde superior del calcáneo por detrás del maléolo lateral, donde se divide en sus respectivas ramas<sup>11</sup>.

La anatomía vascular de la región posterolateral del pie presenta cuatro arterias: la arteria peronea, la arteria calcánea lateral (ACL), la arteria maleolar lateral (AML) y la arteria tarsal lateral (ATL)<sup>12</sup>. La ACL es rama de la arteria peronea en la gran mayoría de los casos<sup>12</sup> aunque algunos autores afirman que procede de la arteria tibial anterior (describen que la arteria calcánea lateral sigue un trayecto oblícuo desde su origen en la parte posterior de la tibia hasta atravesar la membrana interósea y alcanzar el canal musculoperoneo de Hyrtl, entre el flexor largo del dedo gordo y el peroné, distalmente cruza la fascia crural para emerger entre el tendón del calcáneo y tendón largo del peroné, para posteriormente dar sus ramas terminales en la cara lateral del calcáneo)<sup>13</sup>; la AML es rama de la arteria tibial posterior y la ATL es rama de la arteria dorsal del pie<sup>12</sup>.

La arteria maleolar lateral discurre por la región anterior de la parte distal de la tibia sobre los tendones peroneos, para terminar anastomosándose con la ACL<sup>12</sup>. La ATL discurre por la región lateral del mediopie y eventualmente se anastomosa con la confluencia de la ACL y AML. Estas tres arterias parecen ser las responsables del aporte sanguíneo de la región posterolateral del pie<sup>2,12</sup>. (Figura 2)



**Figura 2.** Esquema que muestra la vascularización de la región maleolar lateral, en la que destacan las arterias y sus respectivas anastomosis en relación con las distintas estructuras óseas de esa región. Tomado de *Borrelli JJ et al. Vascularity of the Lateral Calcaneal Flap: A Cadaveric Injection Study. J Orthop Trauma. 1999; 13:73-7.*

A su vez, estas tres arterias, que se extienden desde la parte posterior del maléolo lateral hasta la cabeza del quinto metatarsiano van dando ramas terminales, no observándose anastomosis entre dichas ramas terminales<sup>12</sup> (Figura 3)



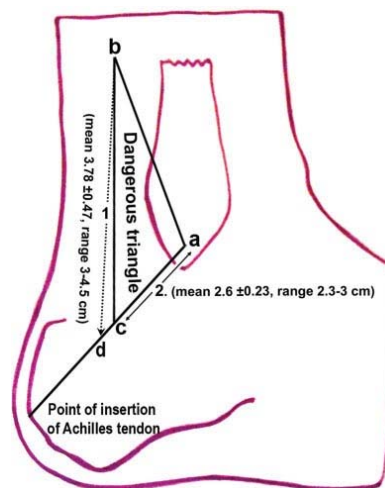
**Figura 3.** Imagen que muestra la distribución de la arteria calcánea lateral (A), la arteria maleolar lateral (B) y la arteria tarsal lateral (C) en la disección de un pie de cadáver conservado químicamente. Tomado de *Borrelli et al. Vascularity of the Lateral Calcaneal Flap: A Cadaveric Injection Study. J Orthop Trauma. 1999; 13:73-7.*

Las soluciones de continuidad situadas en el maleolo lateral y la parte posterior del talón suponen un desafío en cuanto a su tratamiento, debido a que es una zona de alta demanda funcional, con los huesos largos de la pierna y los huesos del pie en posición subcutánea, combinado con la escasez de opciones de reconstrucción local para su cobertura (tejidos blandos insuficientes)<sup>4, 14, 15</sup>. Además, es una zona con un aporte sanguíneo que puede resultar insuficiente, en relación con antecedentes traumáticos o patología vascular periférica<sup>1, 14, 15</sup>. Entre los traumatismos más frecuentes y graves en esa región deben destacarse las fracturas articulares de calcáneo, de elevada morbilidad y complejo manejo en el tratamiento. El objetivo del tratamiento es la reducción anatómica y fijación estable, manteniendo la arquitectura de las estructuras no articulares del hueso y evitando la malunión de la fractura<sup>16</sup>. Clásicamente, el abordaje utilizado ha sido el calcáneo lateral ampliado/extendido<sup>16, 17, 18</sup>, que se corresponde con una incisión en “L” con la porción vertical por delante del tendón de Aquiles que se extiende distalmente hasta la transición entre la piel dorsal y piel plantar laterales hasta la base del 5º metatarsiano, mediante un colgajo de espesor completo hasta periostio, exponiendo hasta la articulación subastragalina<sup>19</sup>. Este abordaje permite la exposición directa de la superficie articular<sup>16</sup>, pero presenta algunos problemas relacionados con el manejo de los tejidos blandos de esa región, como son complicaciones en la herida quirúrgica, lesión del nervio sural, infección, hematoma y necrosis cutánea<sup>17, 18</sup>.



Tal como se ha descrito anteriormente, la vascularización principal de la región posterolateral del pie es subsidiaria de la arteria calcánea lateral, rama de la arteria peronea<sup>1, 10, 14</sup>. Su identificación resulta muy útil para el tallado de colgajos de cobertura para las pérdidas de sustancia de la región posterolateral del pie<sup>1</sup>, así como para asegurar una recuperación adecuada tras fractura articular de calcáneo<sup>17,18</sup>.

La arteria calcánea lateral circula próxima a la incisión del abordaje calcáneo lateral extendido<sup>17, 18</sup>, localizada dentro del descrito como “triángulo de peligrosidad” (Figura 4), formado por la zona más prominente del maleolo lateral (a), el punto más proximal en el que la LCA se hace superficial (en el punto medio de una línea imaginaria situada entre el maléolo lateral y la inserción del tendón de Aquiles) (b) y el punto en el que la LCA está más alejada del maléolo lateral en una línea que se extiende desde el maléolo lateral hasta la inserción del tendón de Aquiles (c).



**Figura 4.** Imagen esquemática del “triángulo de peligrosidad”. a: punta del maleolo lateral; b: el punto más proximal en el que emerge la LCA a través de la fascia profunda (por encima del punto medio entre el maleolo lateral y la inserción del tendón de Aquiles); c: el punto más lejano de la LCA del maleolo lateral (en línea con la inserción del tendón de Aquiles); d: punto medio entre el maleolo lateral y el tendón de Aquiles; 1: distancia entre b y d; 2: distancia entre a y c. Tomado de *Elsaidy MA, El-Shafey K. The lateral calcaneal artery: Anatomical basis for planning safe surgical approaches. Clin Anat. 2009; 22:834-9.*

Algunos autores sugieren que un abordaje más conservador en la fijación de las fracturas articulares de calcáneo (sinus tarsi approach (STA)) se asocia con una menor morbilidad y unos resultados radiográficos similares a los obtenidos con el abordaje calcáneo lateral extendido, pero no permite un acceso directo al cuerpo y tuberosidad



del calcáneo, por lo que para algunas fracturas complicadas este abordaje puede resultar insuficiente <sup>4, 17</sup>.

A pesar de su utilidad, no existen estudios anatómicos definitivos que incidan sobre la importancia de las variantes anatómicas a la hora de tallar un colgajo seguro que evite los problemas postoperatorios de partes blandas en el abordaje de fracturas de calcáneo.

# OBJETIVOS

1.- Objetivo principal: estudio anatómico de la arteria peronea y sus ramas terminales, en concreto la arteria calcánea lateral.

2.- Objetivos secundarios: Serán analizadas las implicaciones clínicas de dicha anatomía en el tallado de incisiones quirúrgicas a nivel distal y aproximación al estudio de colgajos locales perforantes para reconstrucción de la región maleolar lateral.

# **MATERIAL Y MÉTODOS**

## 1.- Estudio anatómico

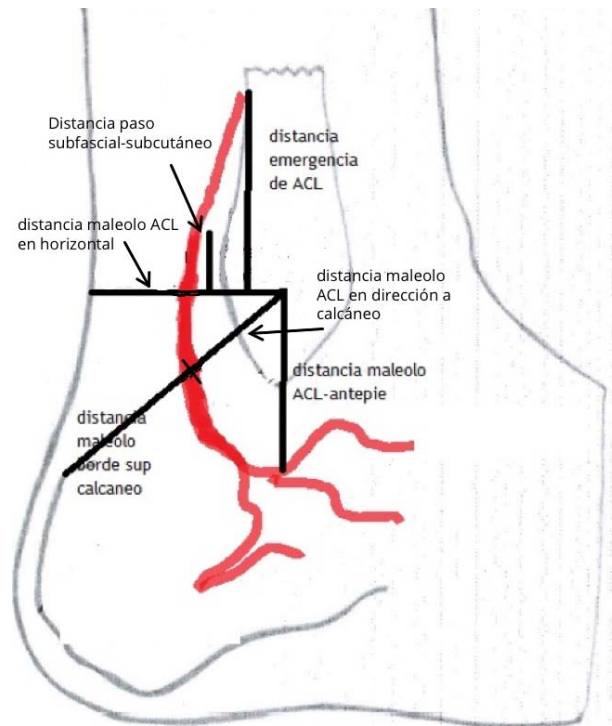
Fueron disecadas 10 extremidades inferiores frescas humanas inyectadas con tinta china a nivel de la arteria peronea y se procedió a su disección para estudiar el trayecto final de dicha arteria y sus ramas terminales, haciendo referencia concreta al trayecto y terminación de la arteria calcánea lateral y su relación con diferentes referencias anatómicas predeterminadas. La disección se llevó a cabo en las instalaciones del Servicio de Anatomía Patológica del Hospital Universitario “Marqués de Valdecilla” de Santander.

Se procedió a osteotomía de peróne 15 cm por encima de la punta del maléolo lateral con sierra de Gigli y resección de 5 cm de peroné. Fue canulada la arteria peronea e inyectados 8 cc de tinta china con mínima presión del émbolo, para evitar extravasación perivascular.

A continuación se procedió a incisión cutánea vertical en el punto medio entre el tendón de Aquiles y la parte más prominente del maléolo lateral y horizontalmente en el punto medio entre el maléolo lateral y el talón, en la transición entre piel plantar y dorsal. Fueron identificadas las estructuras superficiales a la fascia profunda y disecadas antes de llegar a la misma. Una vez alcanzada la fascia profunda, ésta fue incidida para exponer el compartimento posterior de la pierna, incluyendo la cara lateral del calcáneo, el músculo extensor largo del dedo gordo, los músculos peróneos y las arterias situadas en la región. En el segmento horizontal de la incisión la disección alcanzó el plano óseo. En la parte distal de dicha incisión, se procedió a la incisión longitudinal de la fascia del músculo abductor del 5º dedo distal. Todas las venas y arterias fueron preservadas e identificadas.

Se procedió entonces a la medición de una serie de parámetros (distancias) expresados en milímetros (mm):

- tuberosidad calcánea a la punta del 5º dedo.
- relieve maleolar lateral hasta la transición de piel dorsal a pie plantar.
- relieve maleolar lateral hasta la tuberosidad calcánea.
- relieve maleolar lateral hasta la arteria calcánea lateral en dirección a la tuberosidad calcánea.
- relieve maleolar lateral hasta la arteria calcánea lateral en dirección horizontal.
- relieve maleolar lateral hasta la arteria calcánea lateral en pie.
- transición subfascial a subcutánea de la arteria calcánea lateral hasta el relieve maleolar lateral.
- emergencia de la arteria calcánea lateral a partir de la arteria peronea hasta el relieve maleolar lateral (Figura 5).



**Figura 5.** Imagen que muestra las diferentes medidas tomadas una vez disecada la pieza anatómica.

## 2.- Estudio estadístico

### 2A.- Análisis descriptivo

Se procedió a realizar un análisis inicial de los datos, con descripción de la media, mediana e intervalo de confianza para la media (95% de intervalo de confianza) y desviación típica de las diferentes distancias medidas (variables cuantitativas).

### 2B.- Análisis de correlaciones

Para realizar el análisis de las posibles relaciones entre sí de cada una de las variables cuantitativas estudiadas fue utilizado como prueba no paramétrica para estudiar dicha relación el Coeficiente de Correlación de Spearman, proporcionándose la significación para determinar qué relaciones resultaron significativas ( $p < 0.05$ ) y el coeficiente de correlación.

Para estos análisis fue utilizado el programa SPSS (Static Package for Social Science) para Windows (version 24; SPSS Inc, Chicago).

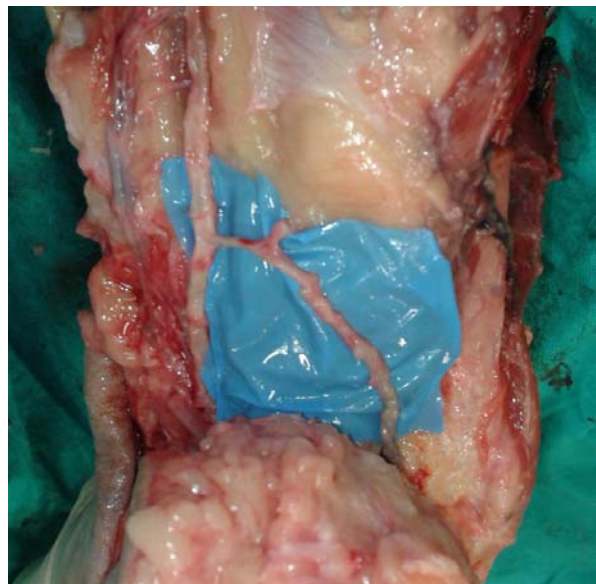
# RESULTADOS

### 1.- Resultados del estudio anatómico.

En el presente estudio la presencia de la arteria peronea de calibre adecuado fue constante. La transición de subfascial a subcutáneo se produjo en 7 de los 10 casos, no existiendo dicha transición en los especímenes enumerados como 2, 4 y 8, presentando en estos casos en su trayecto diferentes ramas colaterales.

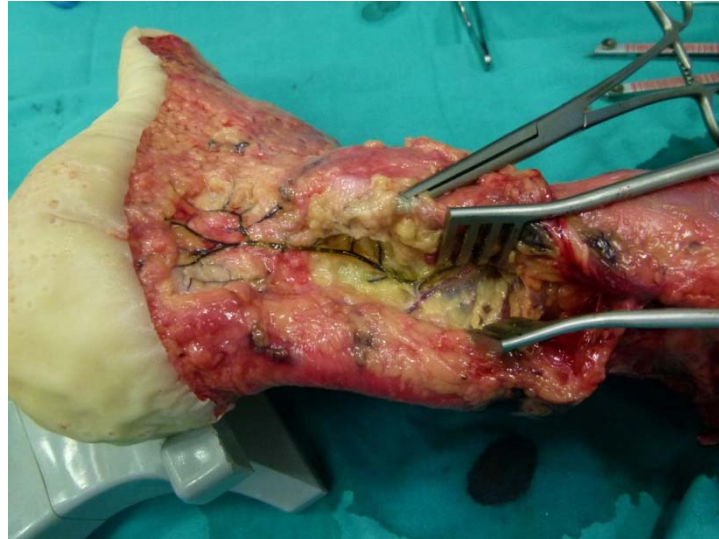
Asimismo, la finalización de la trayectoria de una arteria calcánea lateral de descripción clásica aconteció en 7 de los 10 casos; los 3 casos restantes (enumerados como 2, 3 y 9) presentaron variantes anatómicas con respecto a la descripción anatómica habitual:

- En el espécimen número 2 existe un arco anastomótico entre la arteria tibial posterior y una rama terminal de la peronea de pequeño calibre (Figuras 6 y 7).
- En el espécimen número 3, la arteria calcánea lateral discurre profunda al maléolo lateral (Figura 8).
- En el espécimen número 9 nos encontramos con un importante arco anastomótico con la arteria pedia (Figuras 9 y 10).

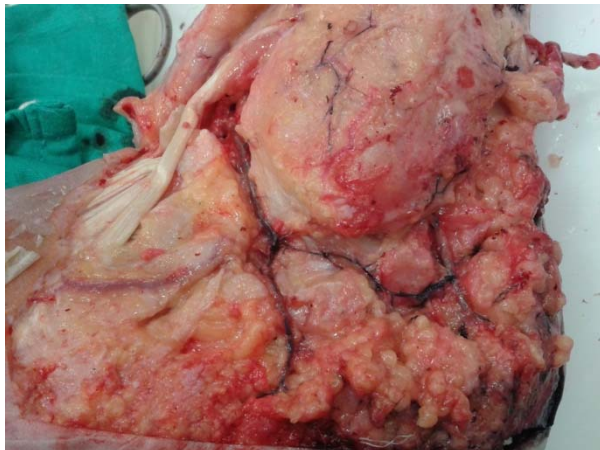


**Figuras 6 y 7.** Variante anatómica número 2: la ACL se origina en la ATP y se anastomosa mediante un arco con la arteria peronea.

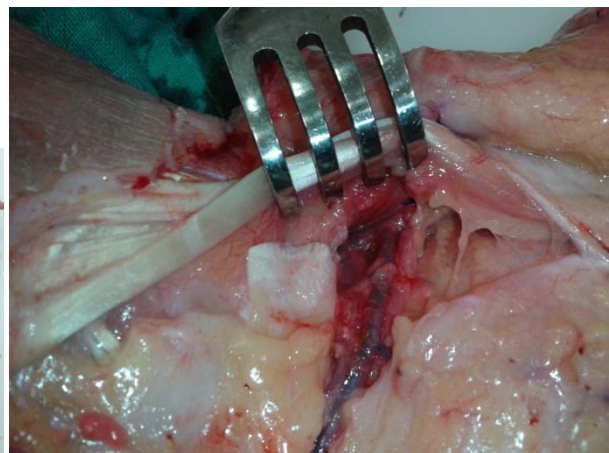




**Figura 8.** Variante anatómica número 3: la ACL se sitúa profunda al maléolo lateral.



mediante un arco con la arteria pedia.



**Figuras 9 y 10.** Variante anatómica número 9: la ACL se anastomosa

Durante su trayecto y hasta su terminación, la arteria peronea y sus ramas terminales recorrieron de manera constante el espacio retromaleolar lateral hasta el borde externo del pie y antepie.

En la tabla I se resumen las diferentes medidas tomadas y descritas en el apartado de material y métodos de las piezas anatómicas disecadas.

Nº	Lado y variantes*	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)
1	Izq	218	57	60	26-23	34	16	90
2	Dcho*	210	59	54	29-25	31	0	0
3	Izq*	213	59	55	31-7	40	22	34
4	Dcho	210	54	52	28-2	20-28	0	27
5	Dcho	225	52	57	38-36	27-45	23	38
6	Izq	190	46	46	34-31	26	8	28
7	Izq	190	44	45	24-25	19	6	28
8	Dcho	215	40	45	24-20	20	0	36
9	Izq*	205	42	50	21-18	19	-5	0
10	Izq	195	50	50	26-17	-	-4	0

**Tabla I.** Resumen las diferentes medidas tomadas. A: distancia tuberosidad calcánea-punta 5º dedo. B: relieve maleolar-transición piel plantar. C: relieve maleolar-tuberosidad. D: relieve maleolar-ACL (tuberosidad y horizontal). E: relieve maleolar-ACL en pie. F: transición ACL subfascial-subcutánea. G: emergencia ACL desde AP.

\*: existencia de variantes anatómicas de la ACL.

## 2.- Resultados del estudio estadístico

En el análisis inicial de los datos fueron calculadas las medias (con intervalos de confianza del 95% para las mismas), mediana y desviación típica para las diferentes medidas.

De los datos obtenidos se objetivó que las variables “transición subfascial a subcutánea de la ACL” y la “emergencia de la ACL desde la arteria peronea” presentaron la mayor variabilidad dentro de los parámetros analizados (destacadas estas últimas en **negrita**) (Tabla II).

	Media (mm)	IC 95%	Desv.Típica	Mediana
<i>DISTANCIA TUBEROSIDAD-PUNTA 5º DEDO</i>	207.10	(198.54 – 215.66)	11.97	210.00
<i>RELIEVE MALEOLAR-TRANSICION PIEL PLANTAR</i>	50.30	(42.26 – 55.34)	7.04	51.00
<i>RELIEVE MALEOLAR-TUBEROSIDAD</i>	51.40	(47.70 – 55.10)	5.17	51.00
<i>RELIEVE MALEOLAR-ACL (tuberosidad)</i>	28.10	(24.45 – 31.75)	5.11	27.00
<i>RELIEVE MALEOLAR-ACL (horizontal)</i>	22.30	(16.63 – 27.97)	7.93	22.00
<i>RELIEVE MALEOLAR-ACL EN PIE</i>	27.67	(21.60 – 33.73)	7.89	16.00
<b>TRANSICIÓN ACL SUBFASCIAL-SUBCUTANEA</b>	<b>6.60</b>	<b>(-0.84 – 14.04)</b>	<b>10.40</b>	<b>3.00</b>
<b>EMERGENCIA DE ACL DE A. PERONEA</b>	<b>26.60</b>	<b>(7.22 – 45.98)</b>	<b>27.08</b>	<b>27.50</b>

**Tabla II.** Tabla de la media, intervalo de confianza, desviación típica y mediana de todos los parámetros estudiados.

En cuanto al análisis de correlación entre todas las variables cuantitativas estudiadas y con significación estadística significativa se obtuvieron los siguientes resultados:

- La distancia tuberosidad calcánea-punta 5º dedo, se relaciona tanto con el relieve maleolar-inserción aquilea (rango de correlación (r)=0.678; significación estadística (sig)= 0.031) como con la emergencia de ACL desde la arteria peronea (r=0.716; sig=0.020).
- La distancia relieve maleolar-transición piel plantar se relaciona con la distancia relieve maleolar-inserción aquilea (r=0.801; sig=0.005), como con la distancia desde el relieve maleolar-ACL en pie (r=0.773; sig=0.015).
- La distancia maleolar-inserción aquilea, además de las relaciones citadas anteriormente (distancia tuberosidad-punta 5º dedo y maleolar-transición piel plantar) también se relaciona con la distancia del relieve maleolar-ACL en pie (r=0.819; sig=0.007).
- La distancia entre relieve maleolar-ACL (dirección tuberosidad) se relaciona con la distancia relieve maleolar-ACL en pie (r=0.786; sig=0.012) y con la distancia tuberosidad-ACL subfascial a subcutánea (r=0.685; sig=0.029).
- La distancia entre relieve maleolar-ACL (dirección horizontal) es la única variable que no se relaciona con ninguna otra.

- La distancia de relieve maleolar-ACL en pie, además de la relación con las dos variables comentadas anteriormente (relieve maleolar-inserción aquilea y relieve maleolar-ACL dirección tuberosidad) también se relaciona con la transición ACL desde subfascial a subcutánea.

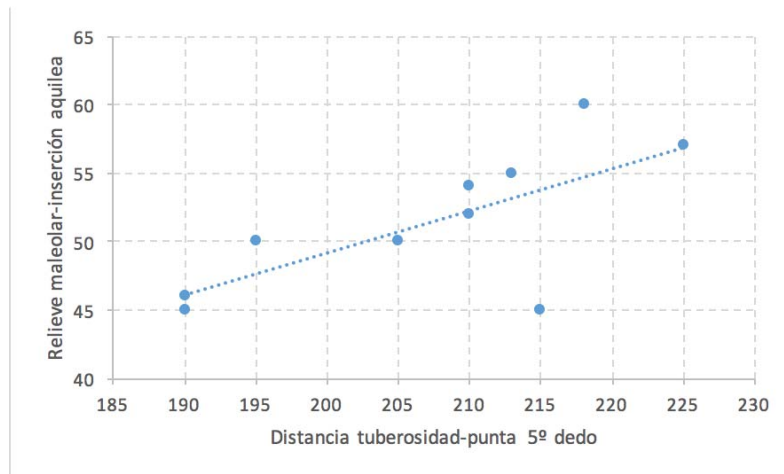
La tabla III recoge las relaciones bivariadas comentadas anteriormente, mostrando en

		Distancia tuberosidad-Punta 5º dedo	Relieve maleolar**-Transición piel plantar	Relieve maleolar-Inserción aquilea	Relieve maleolar-ACL (dirección tuberosidad)	Relieve maleolar-ACL (dirección horizontal)	Relieve maleolar-ACL en pie	Transición ACL subfascial-subcutánea	Emergencia de ACL de A. <u>peronea</u>
Distancia tuberosidad-Punta 5º dedo	Coef. Corr.	--	0,346						
	Sig. (bilateral)	--	0,328						
Relieve maleolar**-Transición piel plantar	Coef. Corr.	0,346	--						
	Sig. (bilateral)	0,328	--						
Relieve maleolar-Inserción aquilea	Coef. Corr.	0,678	0,801	--					
	Sig. (bilateral)	0,031	0,005	--					
Relieve maleolar-ACL (dirección tuberosidad)	Coef. Corr.	0,248	0,593	0,500	--				
	Sig. (bilateral)	0,489	0,071	0,141	--				
Relieve maleolar-ACL (dirección horizontal)	Coef. Corr.	0,024	-0,003	0,058	0,450	--			
	Sig. (bilateral)	0,947	0,993	0,873	0,192	--			
Relieve maleolar-ACL en pie	Coef. Corr.	0,629	0,773	0,819	0,786	0,130	--		
	Sig. (bilateral)	0,070	0,015	0,007	0,012	0,738	--		
Transición ACL subfascial-subcutánea	Coef. Corr.	0,469	0,431	0,506	0,685	0,437	0,783	--	
	Sig. (bilateral)	0,171	0,214	0,135	0,029	0,207	0,013	--	
Emergencia de ACL de A. <u>peronea</u>	Coef. Corr.	0,716	0,098	0,364	0,179	0,215	0,450	0,752	--
	Sig. (bilateral)	0,020	0,787	0,301	0,621	0,550	0,225	0,012	--

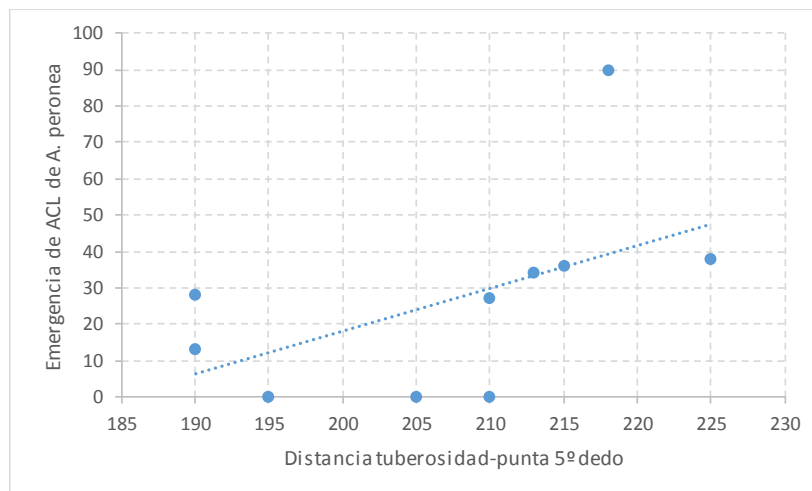
amarillo aquéllas que resultaron significativas. Como se puede apreciar, todas las relaciones rondan un grado de relación cercano al 0.7, lo que indica que existe una fuerte relación entre esas variables y que la relación es positiva, es decir, a medida que crece una, crece la otra en el mismo sentido.

**Tabla III.** Correlaciones y significación entre las variables analizadas.

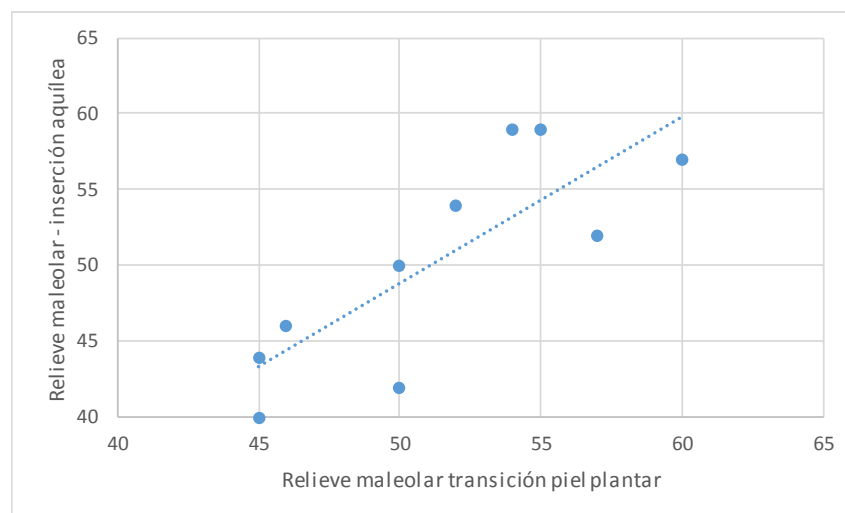
Finalmente, y en concordancia a los resultados comentados anteriormente, se presentan los gráficos de dispersión asociados a aquellas relaciones que han resultado significativas, así como la línea de tendencia lineal que se aprecia en los mismos.



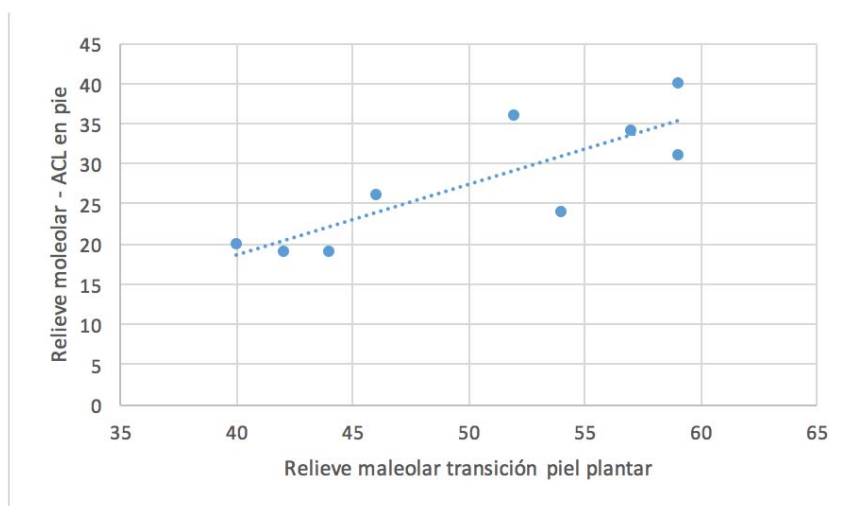
**Gráfico 1.** Distancia tuberisodad-punta 5º dedo / Relieve maleolar-inserción aquílea. Muestra la tendencia lineal que existe entre estas dos variables cuantitativas; podemos observar que a medida que crece la distancia entre el relieve maleolar y la tubersidad calcánea, crece la distancia entre la tuberosidad y la punta del 5º dedo. Podemos observar también el grado de dispersion de los datos analizados (coeficiente de correlación 0.678, sig = 0.031).



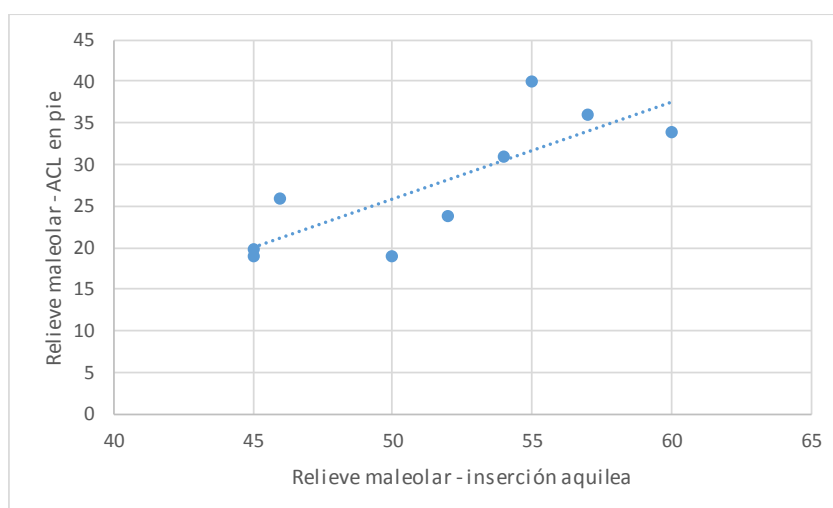
**Gráfico 2.** Distancia tuberoidad-punta 5º dedo / Emergencia de ACL de A. peronea. Al igual que en el gráfico 1, se puede observar la tendencia lineal entre estas dos variables cuantitativas, así como el grado de dispersión de las mismas (coeficiente de correlación 0.716, sig= 0.020).



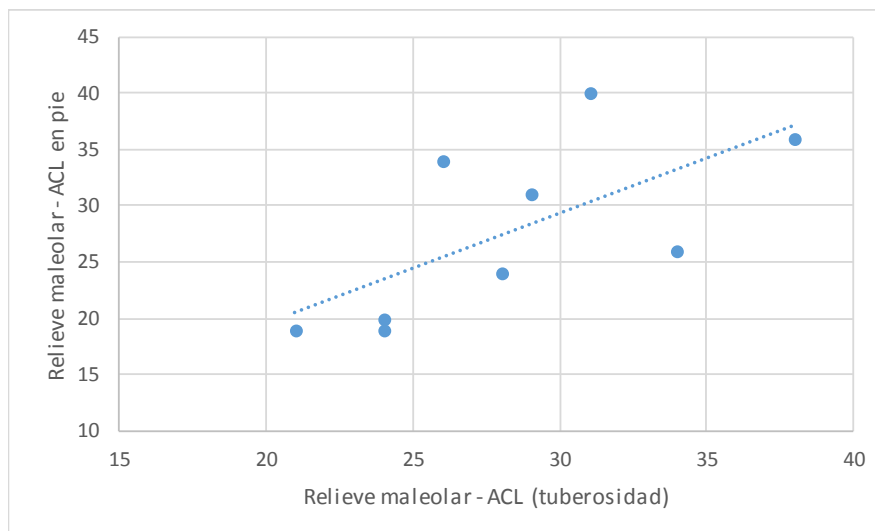
**Gráfico 3.** Relieve maleolar-transición plantar / Relieve maleolar-inserción aquilea. Se muestra la relación lineal entre estas variables y el grado de dispersión de las mismas (coeficiente 0.801 y sig.= 0.005).



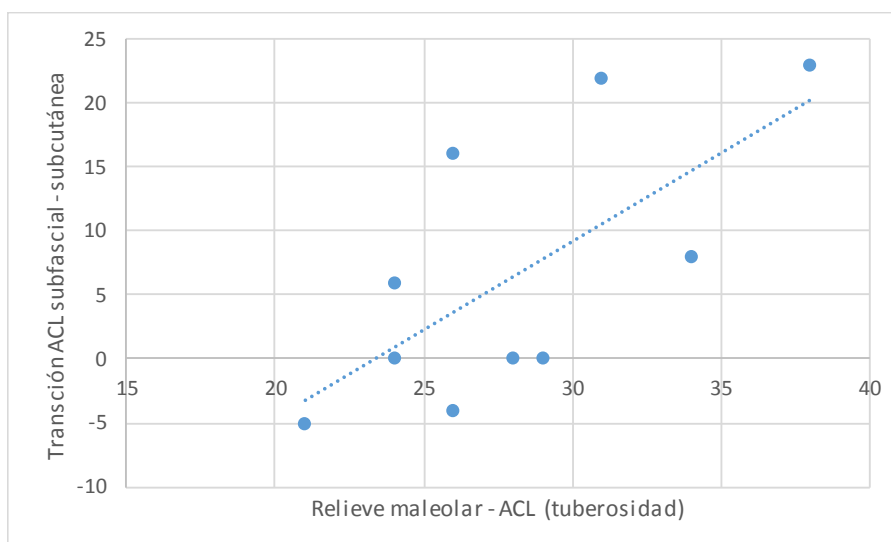
**Gráfico 4.** Relieve maleolar-transición piel plantar / Relieve maleolar-ACL en pie. Se muestra la relación lineal entre estas variables y el grado de dispersión de las mismas (coeficiente 0.773 y sig.= 0.015).



**Gráfico 5.** Relieve maleolar-inserción aquilea / Relieve maleolar-ACL en pie. Se muestra la relación lineal entre estas variables y el grado de dispersión de las mismas (coeficiente de correlación 0.819 y sig.= 0.007).

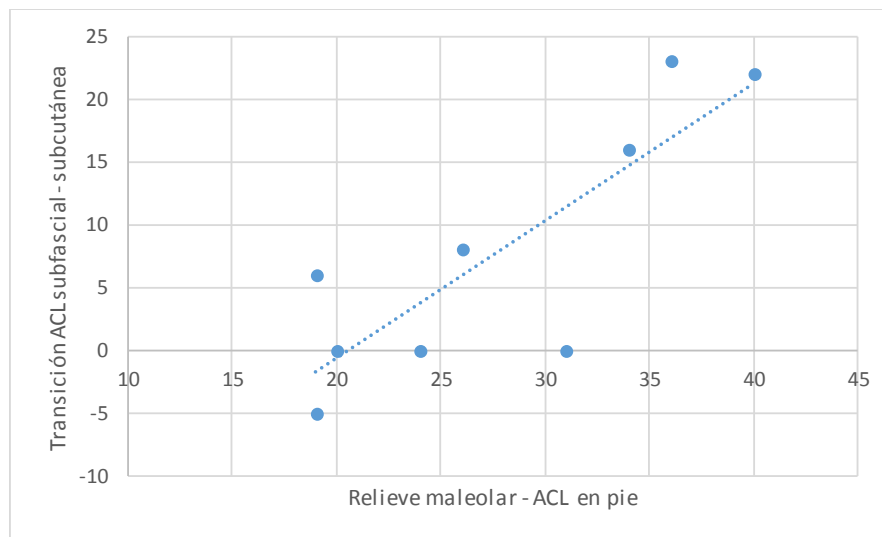


**Gráfico 6.** Relieve maleolar - ACL (tuberosidad) / Relieve maleolar - ACL en pie. Se muestra la tendencia lineal entre estas variables y el grado de dispersión de las mismas (coeficiente de correlación 0.786 y sig.= 0.012).



**Gráfico 7.** Relieve maleolar - ACL (tuberosidad) / Transición subfascial – subcutánea. Se muestra la tendencia lineal entre estas variables y el grado de dispersión de las mismas (coeficiente de correlación 0.685 y sig.= 0.029).





**Gráfico 8.** Relieve maleolar - ACL en pie / Transición subfascial – subcutánea. Se muestra la relación lineal entre estas variables y el grado de dispersión de las mismas (coeficiente de correlación 0.783 y sig.= 0.013).

# DISCUSIÓN

La cirugía plástica y reparadora descansa en una serie de principios fundamentales, entre los que destacan el conocimiento exhaustivo de la anatomía y el reemplazo de las estructuras tisulares perdidas por otras de iguales o similares características, lo que los anglosajones denominan reparar “like with like”.

La reconstrucción de las partes blandas de la región maleolar lateral supone un desafío terapéutico para los cirujanos plásticos y continúa siendo un problema de compleja solución en algunos casos secundarios a traumatismos y vasculopatía periférica.

Dicha región, irrigada por ramas de la arteria peronea, uno de los 3 ejes vasculares principales de la pierna, ha recibido atención hasta la fecha por varios motivos:

- Por una parte es una región expuesta por traumatismos frecuentes y donde la cobertura del peroné y su maléolo lateral pueden resultar insuficientes en traumatismos graves tras accidentes laborales y en la vía pública.
- Por otro parte, la encrucijada que suponen todas las estructuras presentes en dicha región puede desencadenar problemas postoperatorios de cobertura del calcáneo tras abordaje lateral después de fracturas complejas que requieren reducción anatómica y osteosíntesis rígida.
- Finalmente, el envejecimiento poblacional conlleva el incremento de arteriopatía arterioesclerótica (macroangiopatía) que conlleva la aparición de complicaciones de cobertura de partes blandas por vascularización deficitaria por este problema de base que, en ocasiones, resulta inadvertido antes de la intervención.

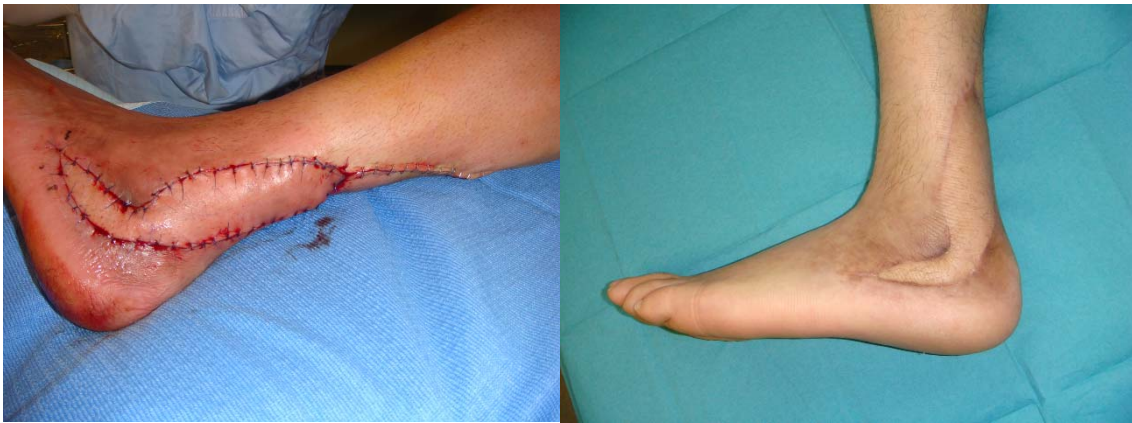
La arteria peronea ha sido descrita previamente en la literatura <sup>6, 20</sup>, así como sus ramas terminales que dan vascularización a la región maleolar lateral, posterolateral y anterolateral adyacentes <sup>1-4</sup>. Sin embargo, son escasos los trabajos que incidan en estudios solamente basados en referencias anatómicas <sup>2, 3</sup>, que resultan de utilidad para profundizar en el conocimiento de la anatomía aplicada a la práctica clínica y nos permite elaborar colgajos más seguros basados en los resultados obtenidos por este tipo de estudios; además estos estudios permiten poder disponer de conocimientos anatómicos suficientes para planificar abordajes quirúrgicos seguros, en este caso, el abordaje lateral para fracturas complejas de calcáneo.

La arteria peronea se origina a partir del tronco tibioperoneo (tibial posterior y peronea), siendo la arteria peronea la rama posterolateral de dicho tronco. A continuación desciende posterior al peroné, entre la tibia y peroné, por detrás de la membrana interósea hasta la sindesmosis tibioperonea dando las ramas terminales, destacando la arteria calcánea alteral y perforantes cutáneas de la arteria peronea y las diferentes anastomosis variables con el resto de los ejes arteriales principales <sup>1-3, 12, 20</sup>.

Las complicaciones de los tejidos blandos en la región calcánea lateral continúan, como hemos comentado anteriormente, resultando frecuentes y siendo, en ocasiones, un verdadero problema de reconstrucción. Las incisiones a dicho nivel para el abordaje abierto de las fracturas complejas de calcáneo pueden comportar el empeoramiento de la situación vascular de los tejidos locales. De hecho, el único colgajo local que puede ser tallado en alguna circunstancia es el colgajo calcáneo lateral, originalmente descrito por Grabb y Argenta <sup>21</sup>, siempre que sean respetadas las estructuras vasculares que lo irrigan o el colgajo fasciograsso volteado en libro, reservado para pequeñas pérdidas de sustancia <sup>22</sup>.

Además, existen otras opciones de colgajos locorregionales, principalmente el colgajo sural que, aunque popularizado por Masquelet <sup>23</sup>, fue descrito con anterioridad por Le Huec <sup>24</sup> y los colgajos en hélice de perforantes cutáneas de arterias peroneas <sup>25</sup> (Figuras 11-14). Finalmente, reservamos los colgajos microquirúrgicos <sup>22</sup> como opción adicional.





**Figuras 11-14.-** Colgajo en hélice de perforantes de arteria peronea para cobertura de abordaje lateral de calcáneo complicado. Caso clínico del Dr. Sanz Giménez-Rico (datos no publicados)

Son muy escasos los estudios anatómicos que realicen un análisis de la anatomía vascular de dicha región tomando como referencia puntos anatómicos constantes y reproducibles que permitan orientar al cirujano en la toma de decisiones a la hora del tallado de colgajos locales e incisiones quirúrgicas en región lateral del pie<sup>2, 3, 9, 12</sup>, más allá de una anatomía descriptiva vascular sin referencias anatómicas precisas y medibles. Es más, hasta lo que nosotros conocemos en una exhaustiva revisión de la bibliografía en literaturas inglesa y francesa, nuestro estudio resultaría el más completo hasta la fecha en lo referente a referencias constantes y estudio estadístico comparativo; por ello la aparente dificultad de comparación de algunos resultados concretos con respecto a otros estudios previos, pero no así la discusión de otros variados aspectos.

La piel y partes blandas de la región maleolar lateral recibe una irrigación a través de 3 ejes vasculares<sup>12</sup>: arteria calcánea lateral, procedente de la arteria peronea y objetivo de nuestro trabajo, la arteria maleolar lateral, procedente de la arteria tibial anterior y la arteria tarsal lateral, que nace de la arteria dorsalis pedis, continuación de la arteria tibial anterior. La arteria calcánea lateral es la principal en la irrigación de la porción lateral y posterolateral del maléolo peroneo.

En textos clásicos se define el origen de esta arteria (ACL) como continuación de la arteria peronea a nivel distal<sup>2, 27</sup>. Otros autores la denominan arteria peronea posterior<sup>11</sup>. Estos hallazgos han sido confirmados en estudios más recientes<sup>2, 12</sup>. Sin embargo, se ha demostrado que esta descripción está sujeta a diferentes variaciones anatómicas. Así, Freeman describe el origen de la arteria peroné en el 87% y del arteria tibial posterior en el 13%<sup>11</sup>; en artículos más recientes estos porcentajes ascienden al 94.12% para la arteria peronea y 5.88% para la arteria tibial posterior<sup>3</sup>. En nuestro

estudio hemos comprobado el origen en la arteria peronea en 8 de 10 casos (80%) existiendo una variante anatómica cual es la ausencia de transición de subfascial a subcutáneo de la arteria calcánea lateral de uno de eso 8 casos. En los otros 2 casos restantes se formaba un arco anastomótico de esta arteria con la arteria tibial posterior y la dorsalis pedis, en 1 caso para cada una, destacando la presencia de estas 2 arterias como dominantes en la contribución vascular a dicha arcada anastomótica.

A pesar de la casi unanimidad en el origen de la ACL, debemos destacar el trabajo de Andermahr<sup>28</sup> que define claramente la ACL como una rama de la arteria tibial anterior; de hecho, en los estudios angiográficos realizados en el trabajo, determina su origen en la arteria tibial anterior para ramificarse en la parte lateral del tobillo y dividiéndose en ramas cutáneas para tobillo lateral y talón y otras ramas para irrigar el calcáneo (porción lateral).

Para poder establecer métodos más fiables y exactos que nos permitan poseer referencias anatómicas fiables a partir de estructuras constantes algunos autores han realizado esfuerzos por conseguir dichos objetivos. Grabb y Argenta<sup>21</sup> utilizaron en un primer momento el tendón de Aquiles como referencia anatómica respecto a la ACL, calculando la distancia en milímetros desde el Aquiles a la ACL a su paso por detrás del maléolo; dichas medidas calculadas por los autores eran de 5-8 mm en horizontal. Sin embargo otros autores han tenido medidas que difieren de esta última<sup>11, 12</sup>. Pensamos que los referentes anatómicos óseos resultan ser los mejores, contribuyendo a clarificar otros datos poder contar con referencias de tejidos blandos en segundo lugar, resultando de ayuda, pero no como referente principal.

Además del estudio realizado por nuestro grupo de trabajo, existen pocos trabajos que analicen con cierto rigor estos parámetros; los diferentes trabajos arrojan luz sobre diferentes aspectos de aplicación clínica pero carecen de la misma uniformidad, dado que los tipos de conservación de las piezas anatómicas difieren de unos a otros y las medidas establecidas pueden igualmente diferir. Utilizaremos en la presente discusión los hallazgos que resultaron comparables; profundizaremos posteriormente en nuestro estudio que analiza datos no analizados hasta el momento actual.

De todos los estudios realizados son 3 los parámetros que pudieron compararse entre estudios:

- La distancia desde la punta del maléolo lateral a la ACL a nivel horizontal (retromaleolar) en donde se obtuvieron resultados medios de 24.76 y 31.0 mm<sup>3, 11</sup> frente a los 20.4 mm en nuestro estudio, de resultado inferior.
- En lo referente a la distancia desde la punta maleolar lateral a la ACL en el recorrido a nivel del pie (submaleolar) los resultados fueron de 35.03 y 41 mm<sup>3, 12</sup>, resultando en nuestro estudio con una media de 27.67 mm, siempre inferior a los demás resultados.
- Finalmente pudimos comparar nuestro estudio frente al de Borrelli<sup>12</sup> en donde la transición de la ACL desde subfascial a subcutánea resulta de 15.5 mm de

media en su estudio frente a los 6.6 mm en el nuestro, en consonancia con las cifras previas, siempre menores.

En nuestro estudio, que fue realizado en piernas frescas con arteriopatía periférica severa y conservadas en cámara frigorífica, los parámetros obtenidos podrían, en parte, explicarse por estas circunstancias concretas. Otros factores a tener en cuenta serían las diferencias étnicas y las condiciones en fresco del cadáver, como han señalado otros autores <sup>3</sup>. Creemos que cadáveres en excelentes condiciones y una muestra mayor ayudaría a determinar con más precisión dichas medidas, aun resultando válido el presente estudio.

Hemos de destacar una serie de aspectos no publicados previamente en la literatura y que podrían ser destacables a la hora de la estrategia quirúrgica en las incisiones quirúrgicas a dicho nivel, fuente frecuente de morbilidad postoperatoria; en el análisis estadístico hemos profundizado en los diferentes parámetros:

- Ya hemos afirmado en el apartado de resultados que, de todos los parámetros estudiados, destaca la variabilidad tanto del origen de la ACL como de la transición desde subfascial a subcutánea. Variable que, a su vez, difiere de los hallazgos de Borrelli <sup>12</sup>.
- En los estudios realizados e, independientemente de otras muchas medidas analizadas, hemos de destacar la importancia que para nosotros tienen, al igual que otros autores, las medidas en horizontal y vertical desde el punto de máxima proyección del maléolo lateral con respecto a la localización de la ACL <sup>2, 3, 11, 12</sup>.

En nuestro estudio fue realizado adicionalmente un análisis de correlación entre las relaciones bivariadas que resultaron significativas. Debemos destacar inicialmente que las únicas variables no correlacionadas con las demás resultaron ser el punto de origen de la ACL desde la arteria peronea y la distancia desde la punta del maléolo lateral a la ACL en horizontal. Esta ausencia de correlación no tendría implicaciones prácticas reales.

Dentro del resto de correlaciones con significación estadística, por el interés práctico que pudiese inferirse de su análisis, destacamos:

- Los pies de mayor envergadura presentan una mayor distancia desde el maléolo lateral al tendón de Aquiles y a la transición piel dorsal-piel plantar en el borde inferior, lo que debe ser tenido en cuenta a la hora de realizar las incisiones vertical y horizontal en abordajes quirúrgicos más posteriores e inferiores en términos absolutos, evitando así la aparición de una ACL lesionada en el abordaje, como ha sido sugerido por otros autores <sup>12</sup>.
- Cuando la distancia maléolo lateral a transición piel plantar horizontal aumenta y aumenta también la distancia desde dicho maléolo a la tuberosidad del calcáneo, lo hace significativamente la distancia del recorrido horizontal de la

ACL, lo que conllevaría realización de incisión horizontal del abordaje más caudal.

- Cuanto mayor es la distancia desde el maléolo lateral a distancia de la ACL horizontal, es decir, la ACL está dispuesta más posteriormente, se produce una emergencia más precoz y significativa de la ACL desde subfascial a subcutánea. Esto implicaría que la cicatriz de incisión vertical debe profundizarse desde más proximal.

A la luz de los conocimientos previos y de lo comprobado en nuestro estudio, con las correlaciones pareadas significativas obtenidas, propondríamos una serie de modificaciones que, en algún artículo han sido parcialmente sugeridas<sup>18, 29-31</sup> siendo nuestra propuesta para las modificaciones a la técnica de abordaje en esta región la siguiente:

- Realizar una incisión más corta en la zona vertical (posibilidad de lesión vascular por variantes anatómicas).
- Diseñar una incisión más posterior, mayor cuanto mayor sea el tamaño del pie (en torno a 3 cm posterior del relieve maleolar).
- Diseñar una incisión más inferior, mayor cuanto mayor sea el tamaño del pie (4.5 cm).
- Evitar el biselado del colgajo (por la gran disparidad en zona de emergencia de ACL y el punto en el que se hace subcutánea).
- Cierre en dos planos sin tensión.
- Si la evolución es tórpida, valoración precoz por el cirujano reconstructor. En traumatismos de alta energía, intervención precoz pues la complicación es la regla.

# CONCLUSIONES



1. La arteria peronea y la arteria calcánea lateral han demostrado ser constantes en nuestro estudio, con una arteria calcánea lateral presente o en forma anastomótica.
2. El colgajo calcáneo lateral es el único colgajo posible para reconstrucción de defectos locales.
3. La región maleolar lateral presenta una variabilidad en las referencias anatómicas que precisan un profundo conocimiento para evitar complicaciones de abordaje quirúrgico.

4. La incisión en “L” posterior e inferior en plano subperióstico garantiza muy probablemente la inclusión del eje calcáneo lateral en el colgajo.
5. En ausencia de colgajo calcáneo lateral, el colgajo en hélice de perforantes de arteria peronea garantiza una cobertura a medida con recuperación funcional precoz.

# BIBLIOGRAFÍA

1. Purushothaman R, Balakrishnan TM, Alalasundaram KV. Anatomical study of terminal peroneal artery perforators and their clinical applications. *Indian J Plast Surg.* 2013; 46:69-74
2. Elsaidy MA, El-Shafey K. The lateral calcaneal artery: Anatomical basis for planning safe surgical approaches. *Clin Anat.* 2009; 22:834-9.
3. Burusapat C, Tanthanatip P, Kuhaphensaeng P, Ruamthanthong A, Pitiseree A, Suwantemee C. Lateral Calcaneal Artery Flaps in Atherosclerosis: Cadaveric study, Vascular Assessment and Clinical Applications. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2015 22; 3:51
4. Zygouris P, Michalinos A, Protogerou V, Kotsiomitis E, Mazarakis A, Dimovelis I, Troupis T. Use of Lateral Calcaneal Flap for Coverage of Hindfoot Defects: An Anatomical Appraisal. *Plast Surg Inter.* 2015; 2015:1-5.
5. Schwarzenbach B, Dora C, Lang A, Kissling RO. Blood vessels of the sinus tarsi and the sinus tarsi syndrome. *Clin Anat.* 1997; 10:173-82.
6. Testut L. Tratado de Anatomía Humana. Tomo segundo. Angiología-Sistema nervioso central. Barcelona: Salvat é Hijo, Editores. 1131p.

7. Demirtas H, Degirmence B, Çelik AO, Umul A, Kara M, Aktas AR. Anatomic variations of popliteal artery: Evaluation with 128-section CT-angiography in 1261 lower limbs. *Diagn Interv Imaging*. 2016; 97:635-42.
8. Kim D, Orron DE, Skillman JJ. Surgical significance of popliteal arterial variants. A unified angiographic classification. *Ann Surg* 1989; 210:776-81.
9. Kropman RH, Kiela G, Moll FL, de Vries JP. Variations in Anatomy of the Popliteal Artery and Its Side Branches. *Vasc Endovascular Surg*. 2011; 45:536-40.
10. Lauren K, Danielle M, Vince N, Kathy S. Clinical Implications of Peroneal Artery Variation. *Foot Ankle Spec*. 2009; 2:135-9.
11. Freeman JC, Duff S, E. Allen P, Nicholson HD, Atkins RM. The extended lateral approach to the hindfoot. *J Bone Joint Surg*. 1998; 80B:139-42.
12. Borrelli JJ, Lashgari C. Vascularity of the Lateral Calcaneal Flap: A Cadaveric Injection Study. *J Orthop Trauma*. 1999; 13:73-7.
13. Saadeh FA, El-Karagy SAM, Haikal FA. Anterior tibial artery; variation in origin and branching. *Surg Radiol Anat*. 1995; 17:83-4.
14. El-Sabbagh AM. Non-microsurgical skin flaps for reconstruction of difficult wounds in distal leg and foot. *Chin J Traumatol*. 2018; 21:197-205.
15. Cheng L, Yang X, Chen T, Li Z. Peroneal artery perforator flap for the treatment of chronic lower extremity wounds. *J Orthop Surg Res*. 2017; 12:170.
16. Femino JE, Vaseenon T, Levin DA, Yian EH. Modification of the sinus tarsi approach for open reduction and plate fixation of intra-articular calcaneus fractures, the limits of proximal extension based upon the vascular anatomy of the lateral calcaneal artery. *Iowa Orthop J*. 2010; 30:161-7.
17. Sirisreetreerux N, Sangasoongsong P, Kulachote N, Apivatthakakul T. Location of Vertical Limb of Extensile Lateral Calcaneal Approach and Risk of Injury of the Calcaneal Branch of Peroneal Artery. *Foot Ankle Int*. 2018; 40:224-30.
18. Kwon JY, Gonzalez T, Riedel MD, Nazarian A, Ghorbanhoseini M. Proximity of the Lateral Calcaneal Artery with a Modified Extensile Lateral Approach Compared to Standard Extensile Approach. *Foot Ankle Int*. 2017; 38:318–23.
19. Bibbo C, Ehrlich DA, Nguyen HML, Levin LS, Kovach SJ. Low Wound Complication Rates for the Lateral Extensile Approach for Calcaneal ORIF When the Lateral Calcaneal Artery Is Patent. *Foot Ankle Int*. 2014; 35:650–6.
20. Eovaldi BJ, Sharma S. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Peroneal Artery.

StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2019.

21. Grabb WB, Argenta LC. The lateral calcaneal artery skin flap (the lateral calcaneal artery, lesser saphenous vein, and sural nerve skin flap). *Plast Reconstr Surg.* 1981; 68:723-30.
22. Cavadas PC, Landin L. Management of soft-tissue complications of the lateral approach for calcaneal fractures. *Plast Reconstr Surg.* 2007; 120:459-66.
23. Masquelet AC, Romana MC, Wolf G. Skin island flaps supplied by the vascular axis of the sensitive superficial nerves: anatomic study and clinical experience in the leg. *Plast Reconstr Surg.* 1992; 89:1115-21.
24. Le Heuc JC, Midy D, Chauveaux D, Calteux N, Colombet P, Bovet JL. Anatomic basis of the sural fascio-cutaneous flap: surgical applications. *Surg Radiol Anat.* 1988; 10:5-13.
25. Lu TC, Li CH, Lin YT, Chen RF, Wei FC. Versality of the pedicled peroneal artery perforator flaps for soft-tissue coverage of the lower leg and foot defects. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2011; 64:386-93.
26. Wolff KD. The supramalleolar flap based on septocutaneous perforators from the peroneal vessels for intraoral tissue replacement. *Br J Plast Surg.* 1993; 46:151-5.
27. Edwards EA. Anatomy of the small arteries of the foot and toes. *Act Anat (Basel).* 1960; 46:151-5.
28. Andermahr J, Helling HJ, Landwehr P, Fischbach R, Koebeke J, Rehm KE. The lateral calcaneal artery. *Surg Radiol Anat.* 1998; 20:419-23.
29. Attinger CE, Evans KK, Bulan E, Blume P, Cooper P. Angiosomes of the Foot and Ankle and Clinical Implications for Limb Salvage: Reconstruction, Incisions, and Revascularization. *Plast Reconstr Surg.* 2006; 117 (Suppl.): 261S-93S.
30. Kiewiet NJ, Sangeorzan BJ. Calcaneal Fracture Management: Extensile Lateral Approach versus Small Incision Technique. *Foot Ankle Clin.* 2017; 22:77-91.
31. Zhang F, Tian H, Li S, Liu B, Dong T, Zhu Y, Zhang Y. Meta-analysis of two surgical approaches for calcaneal fractures: sinus tarsi versus extensile lateral approach. *ANZ J Surg.* 2017; 87:126-31.

#### **ANEXO I: ABREVIATURAS**

- ACL: arteria calcánea lateral.
- AML: arteria maleolar lateral.
- AP: arteria peronea.
- ATA: arteria tibial anterior.
- ATL: arteria tarsal lateral.
- ATP: arteria tibial posterior.
- mm: milímetros.
- r: rango de correlación.
- TTP: tronco tibioperoneo.
- sig: significación estadística.
- STA: sinus tarsi approach.

*Arteria peronea: estudio anatómico e implicaciones clínicas en el tallado de colgajos locales perforantes para reconstrucción de región maleolar lateral.*